

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-352283

(43)Date of publication of application : 21.12.2001

(51)Int.Cl.

H04B 7/08

H04B 7/06

(21)Application number : 2001-108412

(71)Applicant : SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD

(22)Date of filing : 06.04.2001

(72)Inventor : LEE KWANG-BOK  
HWANG KEUN-CHUL

(30)Priority

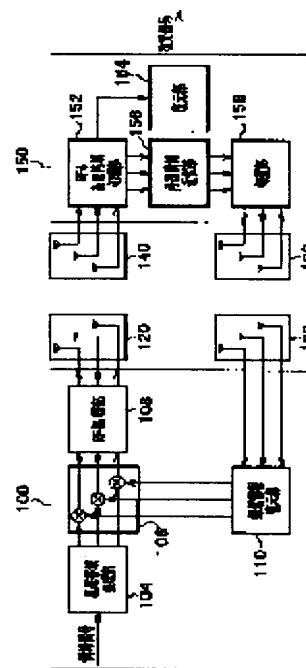
Priority number : 2000 200018313 Priority date : 07.04.2000 Priority country : KR

## (54) RADIO COMMUNICATION SYSTEM HAVING FEEDBACK FUNCTION AND ITS METHOD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a radio communication system which feeds back multidimensional information to a transmitter by approximating the information to a lower dimension by means of a receiver and its method.

**SOLUTION:** The radio transmission system which has a feedback function is provided with a plurality of transmission-reception antennas and transmits and receives signals through the antennas is also provided with a transmitter which restores fed-back information from a prescribed fed-back signal, weights the restored fed-back information to information signals, and transmits the weighted information signals after converting the signals into radio frequency signals and a receiver which estimates the channel through which the radio frequency signals are transmitted upon receiving the signals, extracts the fed-back information from the estimated channel, approximates the information, and transmits the approximated information to the transmitter after converting the information into the radio frequency signals. Since the communication system having the multiplex transmission-reception antennas utilizing feedback reduces the amount of the fed-back information, the channel required for feedback can be used more effectively and can cope with the feedback by means of the delaying effect required for the feedback.



## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A radio communications system which possesses two or more transmitting antennas, and transmits and receives a signal through said transmitting antennas, comprising:

A sending set which restores return information, weights restored return information at an information signal, changes a weighted information signal into a radio frequency signal, and transmits it from a predetermined return signal.

A state of a channel which received said radio frequency signal and through which said radio frequency signal passed is presumed, A receiving set which calculates a weight value of a dimension which corresponds to said number of transmission antennas using said channel state, approximates said weight value to a low rank dimension, extracts return information, changes said return information into a radio frequency signal, and is transmitted to said sending set.

[Claim 2] The radio communications system comprising according to claim 1:

A base band treating part which said receiving set extracts a base band signal from said received radio frequency signal, and presumes a state of said channel.

A return information approximation part which a value calculated from a predetermined object function serves as the maximum, and calculates a weight value of a dimension applicable to said number of transmission antennas, approximates said weight value to a low rank dimension, and extracts return information.

A return part which returns said return information to said sending set.

[Claim 3] If said predetermined object function considers said channel state as the procession  $H$  ( $H$  is a Hermitian operator) and said weight value is made into the vector  $W$ , It is expressed with a following formula and the  $P_w = W^H H^H H W$  aforementioned return information approximation part, The radio communications system according to claim 2 the predetermined object function's  $P$  calculating  $W_{opt}$  used as the maximum, approximating the  $W_{opt}$  concerned to a low rank dimension based on a base vector of a prescribed form, and extracting return information.

[Claim 4] A radio communications system of the characteristic vector according to claim 3, wherein said  $W_{opt}$  corresponds to the maximum peculiar number of  $H^H H$  among said objective functions.

[Claim 5] A radio communications system given in any 1 paragraph of claim 1 thru/or claim 4 characterized by comprising the following.

A return information restoration section which restores return information from a radio frequency signal which received said sending set from said receiving set.

A base band treating part which modulates and codes an information signal.

A load part which weights return information restored to an output signal of said base band treating part.

A radio frequency treating part which changes an output signal of said load part into a radio frequency signal, and outputs it.

[Claim 6] A radio communications system which possesses two or more transmitting antennas, and transmits and receives a signal through said transmitting antennas, comprising:

A sending set which restores return information, weights restored return information at an information signal, changes a weighted information signal into a radio frequency signal, and transmits it from a predetermined return signal.

Receive said radio frequency signal, presume a state of a channel through which said radio frequency signal passed, and in a base vector of the number of said transmission antennas, and the same number, From a selected base vector and a coefficient, choose all of a number

equivalent to a dimension which it is going to approximate of base vectors, and a coefficient of those, calculate two or more weight values, and in said two or more calculated weight values, A receiving set transmitted to said sending set after a value calculated from a predetermined object function searched for from said channel state extracts a weight value to maximize as return information and changes the return information concerned into a radio frequency signal.

[Claim 7]The radio communications system comprising according to claim 6:

A base band treating part which said receiving set extracts a base band signal from said radio frequency signal, and presumes a state of said channel.

All of the number of said transmission antennas and a number of base vectors which are equivalent to a dimension which it is going to approximate out of a base vector of the same number, and a coefficient of those are chosen, A return information approximation part which extracts a weight value which a value calculated from a predetermined object function which calculated two or more weight values from a selected base vector and a coefficient, and was searched for from said channel state in said two or more calculated weight values maximizes as return information.

A return part which returns said extracted return information to said sending set.

[Claim 8]If a weight value calculated from a base vector and a coefficient which said predetermined object function  $P_i$  considered said channel state as the procession  $H$  ( $H$  is a Hermitian operator), and were chosen as the  $i$ -th is made into vector  $W_i$ , The radio communications system according to claim 7, wherein it is expressed with a following formula and the  $P_i = W_i^H H W_i$ , aforementioned return information approximation part extracts  $W_i$  which maximizes said objective function as said return information.

[Claim 9]A wireless communication method which extracts return information from a received signal and transmits said return information to said sending set when  $M$  radio frequency signals characterized by comprising the following transmitted from a sending set are received through a multiple path.

(a) A stage of presuming a state of a channel which is said multiple path from said received signal.

(b) A stage of calculating a weight value which makes it returning to said sending set, and is made weighting said  $M$  radio frequency signals from said channel state.

(c) A stage which approximates said weight value to  $S$  dimension (here, it is  $M > S$ ), and quantizes a coefficient of an approximated dimension.

(d) A stage of returning an index showing a base vector of a base vector of an approximated dimension and its quantized coefficient, or an approximated dimension, and its quantized coefficient to said sending set.

[Claim 10]When the number of said multiple paths is  $L$ , the aforementioned (b) stage a state of said channel, The wireless communication method according to claim 9 extracting  $W_{opt}$  from which a size shows in procession  $H$  of  $L \times M$ , a size shows said weight value by the vector  $W$  of  $M$ , and a value of  $P$  of a following formula serves as the maximum as return information.

$P = W^H H W$  ( $H$ : Hermitian operator)

[Claim 11]The wireless communication method comprising according to claim 10:

A stage where the aforementioned (c) stage determines a base vector which can express said (c1)  $M$  dimension.

(c2) A stage of calculating a coefficient which carries out the inner product of each base vector to said  $W_{opt}$ , and corresponds to said base vector.

(c3) A stage which chooses a base vector which chooses  $S$  pieces as descending from said coefficients, and corresponds to a selected coefficient.

(c4) A stage which quantizes a selected coefficient.

[Claim 12] A stage of extracting a base vector and a quantization coefficient from a return signal received from the (e) aforementioned sending set when return information on the aforementioned (d) stage is a base vector and a quantization coefficient, (f) The wireless communication method according to claim 9 which possesses further a stage which restores return information from a base vector and a quantization coefficient which were extracted, a stage of weighting an information signal which is going to transmit return information by which (g) restoration was carried out, and a stage of transmitting an information signal by which (h) load was carried out.

[Claim 13] A stage of saving an index which points a base vector of said S dimension, a quantization coefficient, and these out, respectively in the (e) aforementioned sending set when return information on the aforementioned (d) stage is an index, (f) A stage of extracting an index from a return signal which received and extracting a base vector and a quantization coefficient corresponding to an extracted index out of a base vector and a quantization coefficient which were saved in the aforementioned (e) stage, (g) The wireless communication method according to claim 9 which possesses further a stage which restores return information from a base vector and a quantization coefficient which were extracted, a stage of weighting an information signal which is going to transmit return information by which (h) restoration was carried out, and a stage of transmitting a (i)-weighted information signal.

[Claim 14] A wireless communication method which extracts return information from a received signal and transmits said return information to said sending set when M radio frequency signals characterized by comprising the following transmitted from a sending set are received through a multiple path.

(a) A stage of presuming a state of a channel which is said multiple path from said received signal.

(b) A stage of determining a base vector which can express M dimension.

(c) A stage which chooses S base vectors (here, it is  $M > S$ ) from determined base vectors.

(d) A stage which chooses one from N quantization coefficients of each base vector.

(e) A stage of calculating return information  $W_i$  from a selected base vector and a selected quantization coefficient.

(f) A stage of returning an index which shows said  $W_i$  or  $W_i$  to said sending set if a value calculated from a predetermined object function based on said  $W_i$  and the presumed state H of a channel is the maximum.

[Claim 15] Said predetermined object function  $P_i$  is a following formula and  $P_i = W_i^H H^H H W_i$  (H: Hermitian operator).

The wireless communication method according to claim 14 expressed.

[Claim 16] Based on said  $W_i$  and the presumed state H of a channel, When a value calculated from said predetermined object function is not the maximum,  $P_i$  is calculated about all the S base vectors selected from said M base vectors, The wireless communication method according to claim 14 which chooses other quantization coefficients about each selected base vector, respectively, and repeats the aforementioned (e) stage and the aforementioned (f) stage about a case as  $N^S$ .

[Claim 17] A stage of extracting  $W_i$  from a return signal by which (g) reception was carried out when return information is  $W_i$  in the aforementioned (f) stage, (h) The wireless communication method according to claim 14 which possesses further a stage of weighting an information signal which is going to transmit extracted  $W_i$ , and a stage of transmitting a (i)-weighted information signal.

[Claim 18] A stage of saving an index which points out selectable  $W_i$  and  $W_i$  from the (g) aforementioned sending set when return information is an index in the aforementioned (f) stage, (h) The wireless communication method according to claim 14 which possesses further a stage

of extracting  $W_i$  corresponding to a received index, a stage of weighting an information signal which is going to transmit  $W_i$  by which (g) extraction was carried out, and a stage of transmitting a (i)-weighted information signal.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to a radio communications system which returns what started a radio communications system with a feedback function, and a method for the same, especially approximated the return information on many dimensions, and was made into low rank dimensional information, and a method for the same.

[0002]

[Description of the Prior Art]Unlike a cable channel, radio-channel environment shows low reliability by strange noise and multiple use person interference etc. at multiple path interference, shadowing, radio attenuation, and the time. It originates in a motion of a reflector and a person, and a desired signal and interference signal are mixed mutually, and are received [ thus, ], and the fading effect by the multiple path which is a phenomenon in which this passes through distortion with an intense input signal degrades whole system performance greatly. Therefore, the fading effect by this multiple path is the largest difficult problem at the time of performing high-speed data transmission in a radio environment, and many researches have been done in order to cope with such a fading effect.

[0003]The most effective method in it is the Dibbah city method. The Dibbah city method is a method of coping with a fading phenomenon by receiving the signal of shoes to receive a fading phenomenon, respectively using two or more fingers, and combining the output from each finger. It is told that such a Dibbah city method expresses quite excellent performance in a radio-channel environment.

The various Dibbah city methods are proposed and formed into the present daily use. such a diva -- roughly dividing into the city method -- time -- a diva -- a city and frequency -- a diva -- a city and space -- a diva -- there is a city.

[0004]the space which uses a multiplex antenna -- a diva -- in the case of the city, the system which installs a multiplex receiving antenna in a base station, and raises the performance of a down-link is formed into the present daily use. Similarly, to the terminal side, the performance of uplink can be raised using a multiplex receiving antenna. However, since there were restrictions of power-saving consumption, a miniaturization, a weight saving, complexity, etc., in order to have installed two or more antennas and to have used the Dibbah city method for the terminal side, there were many technical problems in a terminal technically.

[0005]the transmission which installs a multiplex transmission antenna in a base station side, and raises the performance of uplink in order to solve this problem -- a diva -- the city method was proposed. the transmission using such a multiplex transmission antenna -- a diva -- the city

method -- a diva -- it is regarded as the method which was more economically [ than the method which installs a multiplex receiving antenna ] suitable for the terminal other than the improved efficiency by city acquisition.

[0006]By the Dibbah city method for having used the multiplex transmission antenna. large -- ARAMOUCHI (S. -- M.Alamouti and "A simple transmitter diversity scheme for wireless communication".) A method with the numerals between information-less space-time about the channel state which IEEEJ.Select.AreasCommun., vol16, pp.1451-1458, and Oct.1998 proposed, the feedback system (3GPP and "Physical layer procedures (FDD)".) which returns with a receiver and uses channel state information it is indicated by Tech, Spec., Doc.#:3G TS 25.214 version 3.0.0, Oct, 1999, and <http://www.3gpp.org> -- \*\*\*\* -- it is divided.

[0007]In a feedback system, the method proposed for next-generation systems is a method which searches for the information about a channel state from a receiver, calculates the optimal antenna weight value weighted by multiplex transmission antennas from this information, transmits and returns this value. It is told that such a feedback system shows performance more excellent than the method by the coding between space-time in order to apply the optimal antenna weight value by a channel state to a multiplex transmission antenna.

If the number of transmission antennas is made to increase, it is known that performance improves in proportion to the number of antennas.

[0008]However, information required for a return increases such a feedback system in proportion to the number of transmission antennas. Therefore, when using a multiplex transmission antenna, there is demerit in which channel capacity required for a return must be increased. The increase in the return information by the increase in the number of transmission antennas comes to bring about the increase in time required for a return, i.e., a time delay. In such a case, if a channel state comes to change while returning, it will come to bring about serious degradation. therefore, the multiplex transmission antenna by a feedback system -- a diva -- the largest problem of a city acquisition method is related to the return amount of information.

[0009]The channel capacity generally used to transmit return information is restrictive, and if the return amount of information comes to increase, delay will come to occur so much. Therefore, when many transmission antennas are adopted, a feedback system will receive restriction with the return amount of information. Therefore, it is required to reduce the return amount of information.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]The technical technical problem which this invention tries to make is in the place which provides a radio communications system which approximates the return information on many dimensions to a low rank dimension with a receiver, and returns to a transmitter, and a method for the same.

[0011]

[Means for Solving the Problem]In a radio communications system which this invention possesses two or more transmitting antennas in order to solve said technical technical problem, and transmits and receives a signal through said transmitting antennas, Restore return information from a predetermined return signal, and restored return information is weighted at an information signal, A sending set which changes a weighted information signal into a radio frequency signal, and transmits it, And a receiving set which presumes a channel which received said radio frequency signal, and through which said radio frequency signal passed, extracts return information from a presumed channel, approximates, changes approximated return information into a radio frequency signal, and is transmitted to said sending set is included (equivalent to claims 1-5).

[0012]In a radio communications system which this invention for making said technical technical problem possesses two or more transmitting antennas, and transmits and receives a signal through said transmitting antennas, Restore return information from a predetermined return signal, and restored return information is weighted at an information signal, A sending set which changes a weighted information signal into a radio frequency signal, and transmits it, And a state of a channel which received said radio frequency signal and through which said radio frequency

signal passed is presumed, All of a number applicable to a dimension which is going to approximate only said number of transmission antennas among base vectors of \*\* of base vectors, and a coefficient of those are chosen, Two or more weight values are calculated from a selected base vector and a coefficient, After extracting a weight value which maximizes a predetermined objective function for which it asked from said channel state among said weight values as return information and changing said return information into a radio frequency signal, a receiving set transmitted to said sending set is included (equivalent to claims 6-8).

[0013]When M radio frequency signals with which this invention for making said technical problem is transmitted from a sending set are received through a multiple path, In a wireless communication method which extracts return information from a received signal and transmits said return information to said sending set through said course, A stage of presuming a channel which consisted of said received signal from said multiple path, A stage searched for from a channel which had return information which it returns to said sending set and is weighted by said M radio frequency signals presumed, A stage which approximates said return information to a low rank dimension from M, and quantizes a coefficient to an approximated dimension, and a stage of returning said approximated base vector of a dimension and a quantized coefficient to said sending set are included (equivalent to claims 9-13).

[0014]When M radio frequency signals with which this invention for making said technical problem is transmitted from a sending set are received through a multiple path, In a wireless communication method which extracts return information from a received signal and transmits said return information to said sending set through said course, (a) A stage of presuming a channel which consisted of said received signal from said multiple path, (c) With a stage of determining a base vector which can express M dimension (b) A stage which chooses S in a base vector for which it asked, (d) A stage chosen every one of quantization coefficients of N pieces about each base vector, (e) a stage of calculating return information  $W_i$  from a selected base vector and a selected quantization coefficient, and (f), if a predetermined cost function generated from said  $W_i$  and the presumed channel H is the maximum, A stage of transmitting said  $W_i$  to said sending set is included (equivalent to claims 14-18).

[0015]

[Embodiment of the Invention]Hereafter, the 1 embodiment of this invention is described more to details, referring to an accompanying drawing suitably. Drawing 1 is a block diagram of a radio communications system with the feedback function in this invention.

[0016]As shown in drawing 1, the radio communications system of this invention contains the sending set 100 and the receiving set 150. The sending set 100 possesses the base band treating part 104, the load part 106, the RF (RadioFrequency) treating part 108, and the return information restoration section 110. The sending set 100 possesses the multiplex transmitting antennas 120 and 180 for signal transmission and reception.

[0017]The receiving set 150 possesses RF and the base band treating part 152, the restoration section 154, the return information approximation part 156, and the return part 158. The receiving set 150 possesses the multiplex transmitting antennas 140 and 160 for signal transmission and reception.

[0018]The base band treating part 104 of the sending set 100 performs processing called coding and abnormal conditions of the information signal of a base band. The load part 106 of the sending set 100 is transmitted to the output signal of the base band treating part 104 from the receiving set 150, and makes the return information restored by the return information restoration section 110 weight.

[0019]RF processing section 108 of the sending set 100 changes the output signal of the load part 106 into a wireless band signal, and transmits it through the multiplex transmission antenna 120. The return information restoration section 110 of the sending set 100 restores return information from the return signal which received through the multiplex receiving antenna 180, and outputs the restored information to the load part 106.

[0020]RF and the base band treating part 152 of the receiving set 150 process the signal received through the multiplex receiving antenna 140, extract a base band signal, and presume a

channel state from a base band signal. The restoration section 154 of the receiving set 150 restores the information signal which decrypted the base band signal and was transmitted.

[0021]The return information approximation part 156 of the receiving set 150 calculates the weight value of many dimensions from the presumed channel state, approximates a multi-dimension weight value to a low rank dimension, and searches for return information. The return part 158 of the receiving set 150 processes [ base-band-] and processes [ RF-] said return information, and transmits it through the multiplex transmission antenna 160.

[0022]How to restore return information by the method or the return information restoration section 110 which approximates a weight value in said return information approximation part 156 is explained below.

[0023]Return information is acquired by approximating the optimal weight value acquired from the channel state presumed in said RF and the base band treating part 152 to a low rank dimension. For example, it is assumed that L multiple paths occur through the multiplex transmission antenna 120 and channel which comprised M antennas, If it assumes that the multiplex receiving antenna 140 possesses one antenna and the transceiving equipment 100 and 150 can separate such L multiple path signals, channel state H may be expressed like the following formula.

[0024]

[Equation 1]

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & \cdots & h_{M1} \\ \cdots & h_{ml} & \cdots \\ h_{1L} & \cdots & h_{ML} \end{bmatrix}$$

[0025]Here,  $h_{ml}$  shows the first multiple path signal among the channels from the m-th transmission antenna. This channel state H is presumed by RF and the base band treating part 152 of the receiving set 150. At this time, any conventional channel estimation methods are adopted and it deals in the channel estimation method.

[0026]The return information approximation part 156 calculates the weight value applied to a transmission antenna from the channel state presumed by said RF and the base band treating part 152. Since the load part 106 of the sending set 100 can make a channel state reflect in an information signal beforehand before transmitting an information signal by weighting the return information restored by the return information restoration section 110 at an information signal, it can reduce the influence of fading by a multiple path.

[0027]The optimal transmission antenna weightings are given as the vector W which makes the objective function P like the following formula maximize.

[0028]

[Equation 2]

$$P = W^H W^H H H W$$

[0029]Here, H is a Hermitian operator and a vector W indicates the weight value of a transmission antenna to be, and W is expressed with a following formula.

[0030]

[Equation 3]

$$W = [W_1, W_2, \cdots W_M]^T$$

[0031]Here,  $W_m$  shows the weight value of the m-th transmission antenna. T shows the introduction of a procession. Optimal transmission antenna weightings  $W_{opt}$  is calculated as W which maximizes P of said expression (2).  $W_{opt}$  is given as a characteristic vector corresponding to the maximum peculiar number of  $H^H H$ .

[0032]When a system comprises M transmission antennas and a receiving antenna of M'



individual, the method mentioned above can be applied and the optimal transmission antenna weightings can be obtained. Therefore, from the arbitrary numbers of receiving antennas,  $W_{opt}$  has an element equivalent to several  $M$  of a transmission antenna, by this invention, approximates optimal transmission antenna load part  $W_{opt}$  with such an  $M$  dimension to low rank dimensional information, and searches for return information.

[0033] Optimal transmission antenna weightings  $W_{opt}$  is  $M$  dimensional vector (this  $M$  is the same number as the number of transmission antennas.), and, generally each element is a complex number here. Therefore, it is considered that  $W_{opt}$  is one point of  $M$  dimension space, and it can express the point with a base vector which can express  $M$  dimension, and a complex number coefficient applicable to each base vector.

[0034]  $W_{opt}$  For example,  $W_{opt} = [a, b, c]^T$ , If three-dimensional  $W_{opt}$  is expressed as a base vector and its coefficient as  $B_1 = [100]^T$ ,  $B_2 = [010]^T$ , and  $B_3 = [001]^T$ , respectively,  $W_{opt}$  can express a base vector like the following formula.

[0035]

[Equation 4]

$$W_{opt} = a B_1 + b B_2 + c B_3$$

[0036] Drawing 2 thru/or drawing 3 illustrate the example which approximates  $W_{opt}$  to a low rank dimension by projection. If the weight value before approximating is set to  $W_{opt200}$ , in order to express  $W_{opt200}$  to three-dimensional information, the base vector of the three minimum is required. If it assumes that this base vector is set to  $B_{1202}$ ,  $B_{2204}$ , and  $B_{3206}$ , and it has a size of 1, respectively, and intersects perpendicularly mutually, Coefficient  $c_1$  of  $W_{opt200}$ ,  $c_2$ , and  $c_3$  can be calculated by the inner product of  $W_{opt}$  and each base vector under this assumption.

Thus,  $W_{opt}$  can be calculated like the following formula.

[0037]

[Equation 5]

$$W_{opt} = c_1 B_1 + c_2 B_2 + c_3 B_3$$

[0038] Here, if a coefficient fulfills the conditions of  $|c_1| > |c_2| > |c_3|$ , respectively, it comes to account for the rate that  $B_1$  ingredient is the biggest, in the ingredient showing  $W_{opt}$ .

[0039] Drawing 2 (a) is a figure showing a relation when  $W_{opt}$  was projected on each base vector ( $B_{1202}$ ,  $B_{2204}$ ,  $B_{3206}$ ), and drawing 2 (b) illustrates the case where  $W_{opt}$  is approximated to one-dimensional information. In this case, three kinds of approximation are possible and  $c_1 B_{1212}$ ,  $c_2 B_{2214}$ ,  $c_3 B_{3216}$ , and expression are possible respectively. By the way, if a coefficient fulfills the conditions of  $|c_1| > |c_2| > |c_3|$ , the one-dimensional optimal approximation of  $W_{opt}$  can be expressed as  $c_1 B_{1212}$ .

[0040] Drawing 3 (a) is a figure showing a case of two-dimensional approximation. In this case,  $W_{opt}$  can be expressed as  $c_1 B_1 + c_2 B_2$ ,  $c_2 B_2 + c_3 B_3$ , and  $c_1 B_1 + c_3 B_3$ . If said each coefficient fulfills conditions of  $|c_1| > |c_2| > |c_3|$ , two-dimensional optimal approximation of  $W_{opt}$  can be expressed as  $c_1 B_1 + c_2 B_2$ . Drawing 3 (b) shows the three-dimensional approximation 230, exists only one kind of  $c_1 B_1 + c_2 B_2 + c_3 B_3$  in this case, and that of an approximate value at this time is the same as that of an optimum value.

[0041] The base vector set required for load part approximation should just express a dimension of  $W_{opt}$ . Therefore, a set of various base vectors can be used for load part approximation. It does not intersect perpendicularly and \*\* does not interfere, either, and a base vector has here the

strong point which can avoid duplication of information, when it intersects perpendicularly.

[0042] Drawing 4 (a) thru/ or (f) is a figure showing an example of a base vector set required to approximate a weight value. Drawing 4 (a), (c), and (e) shows two dimensions, a three dimension, and a 4-dimensional orthogonal-basis vector, respectively, and an ingredient of each base vector shows what uses each antenna, and a thing which is not used. For example, if a two-dimensional base vector  $[1 \ 0]$  was chosen, this shows that a signal is most transmitted among antennas which exist two using an antenna of eyes. On the other hand, if  $[0 \ 1]$  was chosen, transmitting a signal using the 2nd antenna is shown.

[0043] Drawing 4 (b), (d), and (f) shows a base vector which maintained the orthogonality of each vectors by two dimensions, a three dimension, and a 4-dimensional orthogonal-basis vector, respectively, maintaining a power difference between each antenna at the minimum.

[0044] In order to approximate a weight value, a coefficient for every base vector is required in addition to a base vector. In this invention, this coefficient is expressed as the real number or a complex number, and is used for quantization for a return.

[0045] Drawing 5 shows an example of quantization about a complex number coefficient. Drawing 5 (a) is a case where it quantizes with the two levels with numerals of a real component of a coefficient, when a real component of a coefficient is a positive number, it quantizes a coefficient with central value  $e^{j0}$ , and in the case of a negative number, it quantizes with central value  $e^{j\pi}$ . In the case of drawing 5 (b), it is other examples of 2 level quantization, and it shows a case where it quantizes with numerals of an imaginary component of a coefficient.

[0046] Drawing 6 and drawing 7 are the flow charts about an algorithm which approximates a weight value according to the above-mentioned process. Drawing 6 is a figure showing a method by projection, and drawing 7 is a figure showing a method by search.

[0047] Hereafter, the number of transmission antennas is  $M$ , and it assumes that approximation to  $S$  dimension is performed, it assumes that a quantization-of-coefficient level is  $N$ , and explains.

[0048] According to drawing 6, a method of approximating a weight value by projection calculates optimal transmission antenna load part  $W_{opt}$  first (502 steps). Calculated  $W_{opt}$  is projected on each base vector. That is, a coefficient is calculated by an inner product of  $W_{opt}$  and each base vector (504 steps). After choosing  $S$  coefficients in order of a size, a base vector applicable to a selected coefficient is chosen (506 steps). A selected coefficient is quantized (508 steps). A weight value is approximated using a selected base vector and a quantized coefficient (510 steps).

[0049] According to drawing 7, a method of approximating a weight value by search chooses  $S$  base vectors among  $M$  base vectors first (520 steps). One is chosen from quantized coefficients of  $N$  pieces about each  $S$  selected base vector (522 steps). Load part  $W_i$  is calculated from a selected base vector and a selected coefficient, and  $P_i = W_i^H H^H H W_i$  of said expression (2) is calculated using  $H$  of said expression (1) (524 steps). Here,  $H$  expresses a channel state presumed by RF and the base band treating part 152. It distinguishes whether  $P_i$  is the maximum, and if  $P_i$  is the maximum,  $W_i$  at this time will be chosen (534 steps).

[0050] If  $P_i$  is not the maximum, other base vectors will be chosen (528 steps), other quantization coefficients will be chosen and carried out (530 steps), and, subsequently  $W_i$  will be calculated (532 steps). The above-mentioned stage is repeated about calculated  $W_i$ , said 530 steps are repeated about a case as  $N^S$ , and 528 steps are repeated about all the cases of  $S$  base vectors of  $M$  base vectors.

[0051] By a method of approximating such a weight value, the value outputted from the return information approximation part 156 of the receiving set 150 can become an index which points out a quantization coefficient.

[0052] The following table shows a case where an index expression process and an index when a case where a quantization level was 2 was assumed are expressed in digital one to an example.

[0053]

[Table 1]

| 量子化係数         | インデックス | デジタル表現 |
|---------------|--------|--------|
| $e^{j0}$      | 1      | 0 0    |
| $e^{j\pi/2}$  | 2      | 0 1    |
| $e^{j\pi}$    | 3      | 1 1    |
| $e^{j3\pi/2}$ | 4      | 1 0    |

[0054] Similarly, an index of a base vector by which information about a base vector was also chosen can express. The following table 2 shows a process which expressed a selected base vector by an index. It is a case where assumed a case where the number of the transmission antennas 120 of the sending set 100 was 4, and a case where one dimension is resembled is assumed. A base vector adopted  $[1000]^T$ ,  $[0100]^T$ ,  $[0010]^T$ , and  $[0001]^T$ , respectively.

[0055]

[Table 2]

| 選択基底ベクトル                | インデックス | デジタル表現 |
|-------------------------|--------|--------|
| $[1000]^T$ , $[0100]^T$ | 1      | 0 0 0  |
| $[1000]^T$ , $[0010]^T$ | 2      | 0 1 0  |
| $[1000]^T$ , $[0001]^T$ | 3      | 1 1 0  |
| $[0100]^T$ , $[0010]^T$ | 4      | 1 1 1  |
| $[0100]^T$ , $[0001]^T$ | 5      | 0 1 1  |
| $[0010]^T$ , $[0001]^T$ | 6      | 0 0 1  |

[0056] If the approximation to two dimensions is assumed in the environment same as mentioned above, in order [ total ] to become 6 kind and to show this information, the data of a triplet is required for the number of cases which can choose a base vector at this time. The next table shows the example attached in this case.

[0057]

[Table 3]

| 選択基底ベクトル   | インデックス | デジタル表現 |
|------------|--------|--------|
| $[1000]^T$ | 1      | 0 0    |
| $[0100]^T$ | 2      | 0 1    |
| $[0010]^T$ | 3      | 1 1    |
| $[0001]^T$ | 4      | 1 0    |

[0058] Thus, since the weightings approximated to the low rank dimension consist of a coefficient corresponding to the base vector and it which make a low rank dimension, If the base vector, the coefficient corresponding to it, and the index that points these out are saved by table format at the sending set 100, said index can be transmitted to the sending set 100. The return information restoration section 110 of the sending set 100 can extract the base vector and quantization coefficient corresponding to an index from the saved table.

[0059] When a weight value is approximated and it searches for return information like this invention, it decreases the return amount of information. For example, when transmitting the weight value of 4-dimensional one which is not approximated to return information and the coefficient which does not need to be returned is also made to approximate if it assumes that 4 bits is required for the complex number coefficient of each dimension to be shown, a total of 12-bit return information is needed. Here, it is not necessary to return the coefficient of a certain dimension. The reason is because the whole transmission antenna transmission power is being fixed, and the size information of the coefficient about a certain dimension does not need to be sent and can express the topology of each antenna by the relative topology over a certain antenna.

[0060] The number of bits by the return method by approximation can be divided by the number of bits required for the number of bits and a coefficient required for the kind of base vector used for approximation to be shown to be shown. 2 bits is required for the number of bits required for the one number of cases to choose to be shown from the inside of four base vectors, and since it is thought in this case that the coefficient was fixed to 1, it is less necessary, when using one-

dimensional approximation in the first place for the return information which shows a coefficient. Therefore, the total 2 bit information is needed.

[0061]When two-dimensional approximation is used for the second, the number of cases of base vector selection is six kinds, and the number of bits which classifies six kinds is a triplet. Since 4 bits comes to be needed for expressing the coefficient of the existing remaining dimensions since the coefficient of a certain dimension is not required in the case of a quantization coefficient, the total 7 bit information is required.

[0062]When using three-dimensional approximation for the third, the number of cases of base vector selection is four kinds. Therefore, since 2-bit information is required for this to be shown and 8-bit information is required for a quantization coefficient, a total of 10-bit information is required.

[0063]In resembling four dimensions, the total 12 bit is needed for the fourth. Therefore, when applying the approximation-ized method, it turns out that it decreases and, as for information required for a return, it turns out that it is smaller than the case where it does not approximation-ize in all cases, or has same number of return amount of information in them, so that an approximation-ized dimension becomes low.

[0064]The following table 4 compares and shows the approximation-ized method and the method which is not approximation-ized.

[0065]

[Table 4]

| 近似次元 | 近似方法  | 近似化しない場合 |
|------|-------|----------|
| 1    | 2ビット  | 12ビット    |
| 2    | 7ビット  |          |
| 3    | 10ビット |          |
| 4    | 12ビット |          |

[0066]According to this table, the approximation to a low rank dimension is decreased more in the nearby amount of information many from the case where it does not approximation-ize.

[0067]

[Effect of the Invention]According to this invention, by reducing the return amount of information with a communications system with the multiplex transmitting antennas using a return, a channel required for a return can be used more efficiently and a time delay required for a return can be reduced. The degradation by approximation-izing can be minimized by reducing the return amount of information in the optimal form.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a block diagram about a radio communications system with the feedback function by this invention.

[Drawing 2]Both (a) and (b) illustrate the example of the approximation to the low rank dimension

by projection.

[Drawing 3] Both (a) and (b) illustrate the example of the approximation to the low rank dimension by projection.

[Drawing 4] (a) Or (f) is a figure showing the example of a base vector set required to approximation-ize return information.

[Drawing 5] The example of quantization about a complex number coefficient is shown.

[Drawing 6] The approximating method of the return information by projection is illustrated.

[Drawing 7] The approximating method of the return information by search is illustrated.

[Description of Notations]

100 ... Sending set

104 ... Base band treating part

106 ... Load part

108 ... RF processing section

110 ... Information restoration section

120, 140, 160, 180 ... Transmitting antennas

150 ... Receiving set

152 ... RF and base band treating part

154 ... Restoration section

156 ... Return information approximation part

158 ... Return part

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

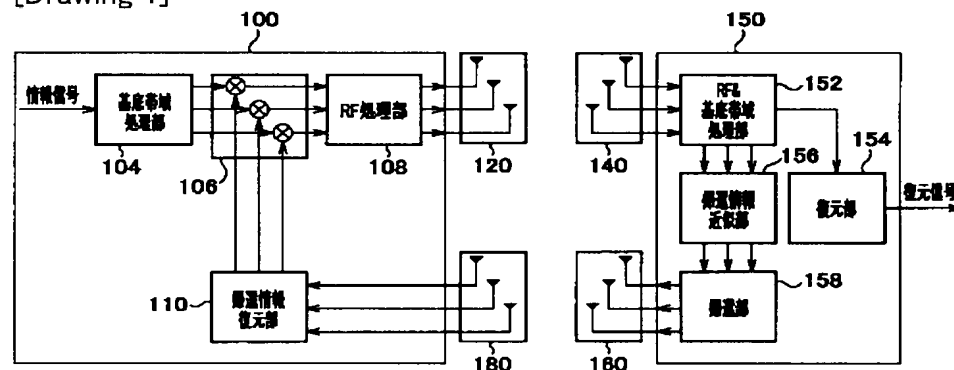
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

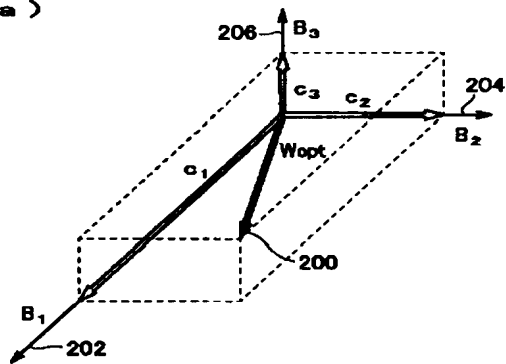
## DRAWINGS

[Drawing 1]

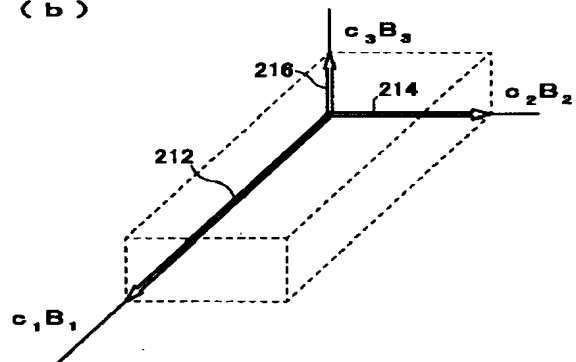


[Drawing 2]

( a )

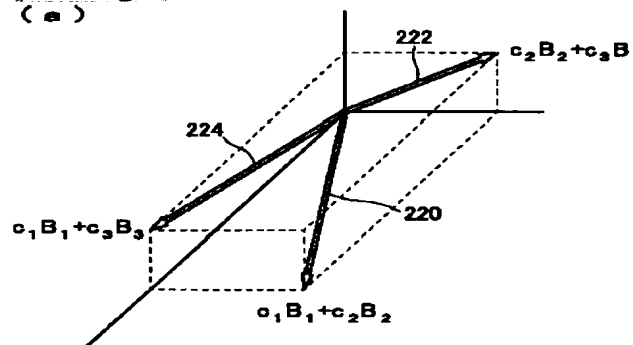


( b )

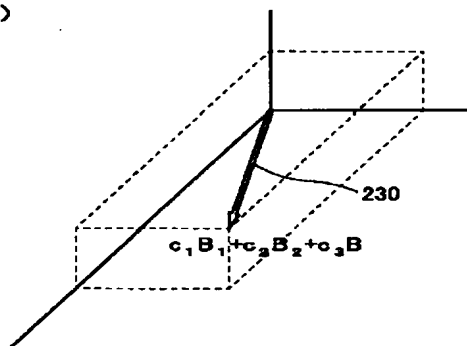


[Drawing 3]

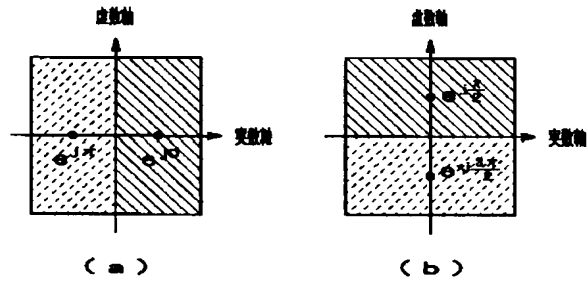
( a )



( b )



[Drawing 5]



[Drawing 4]

(a)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(b)

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

(c)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(d)

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

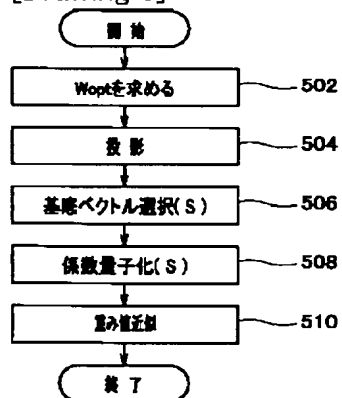
(e)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

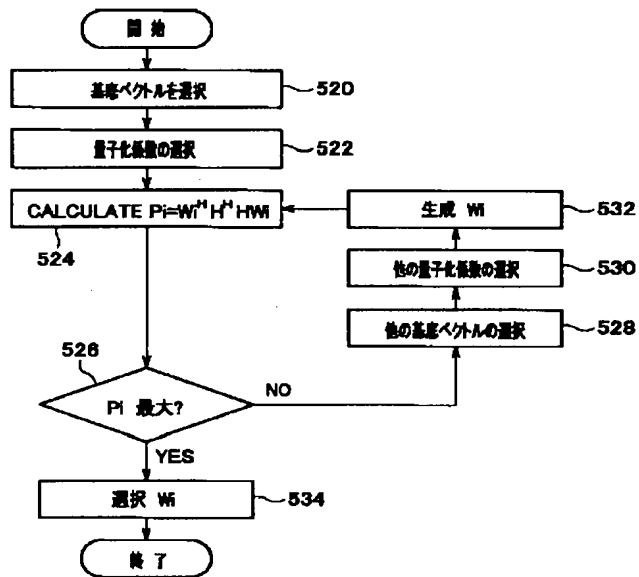
(f)

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Translation done.]



(51)Int.Cl.<sup>7</sup>識別記号F Iテームコード\*(参考)  
H 0 4 B 7/08H 0 4 B 7/08D 5 K 0 5 9  
7/067/06

審査請求 未請求 請求項の数18 O L （全 10 頁）

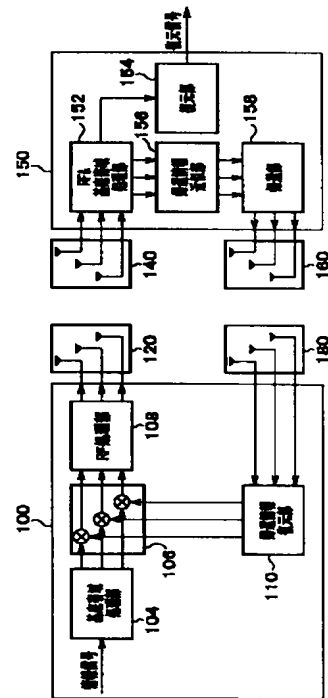
|             |                             |          |   |
|-------------|-----------------------------|----------|---|
| (21)出願番号    | 特願2001－108412(P2001－108412) | (71)出願人  | 390019839<br>三星電子株式会社<br>大韓民国京畿道水原市八達区梅灘洞416          |
| (22)出願日     | 平成13年 4 月 6 日(2001. 4. 6)   | (72)発明者  | 李 光復<br>大韓民国 ソウル特別市 江南区 開浦洞<br>177番地 現代3次アパート 5棟 702号 |
| (31)優先権主張番号 | 2 0 0 0－1 8 3 1 3           | (72)発明者  | 黄 瑾▲吉▼<br>大韓民国 光州広域市 北区 牛山洞<br>169－12番地               |
| (32)優先日     | 平成12年 4 月 7 日(2000. 4. 7)   | (74)代理人  | 100064414<br>弁理士 磯野 道造                                |
| (33)優先権主張国  | 韓国（K R）                     | Fターム(参考) | 5K059 CC02 CC03 EE02                                  |

(54)【発明の名称】 帰還機能を持つ無線通信システム及びその方法

(57)【要約】

【課題】 帰還機能を持つ無線通信システム及びその方法を提供する。

【解決手段】 帰還機能を持つ無線通信システムは複数の送受信アンテナを具備し、送受信アンテナを通じ信号を送受信する無線通信システムにおいて、所定帰還信号から帰還情報を復元し、復元された帰還情報を情報信号に加重し、加重された情報信号を無線周波数信号に変換して伝送する送信装置、及び無線周波数信号を受信して無線周波数信号が経たチャンネルを推定し、推定されたチャンネルから帰還情報を抽出して近似し、近似された帰還情報を無線周波数信号に変換して送信装置に伝送する受信装置を含む。帰還を利用する多重送受信アンテナを持つ通信システムで帰還情報量を減らすことにより帰還に必要なチャンネルをより効率的に使用でき、帰還に必要な遅延効果により効果的に対処できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の送受信アンテナを具備し、前記送受信アンテナを通じ信号を送受信する無線通信システムにおいて、

所定帰還信号から帰還情報を復元し、復元された帰還情報を情報信号に加重し、加重された情報信号を無線周波数信号に変換して伝送する送信装置と、

前記無線周波数信号を受信して前記無線周波数信号が経たチャンネルの状態を推定し、前記チャンネル状態を利用して前記送信アンテナ数に該当する次元の重み値を求め、前記重み値を下位次元に近似して帰還情報を抽出し、前記帰還情報を無線周波数信号に変換して前記送信装置に伝送する受信装置を含む無線通信システム。

【請求項 2】 前記受信装置は、前記受信した無線周波数信号から基底帯域信号を抽出し、前記チャンネルの状態を推定する基底帯域処理部と、

所定目的関数より求めた値が最大となると共に、前記送信アンテナ数に該当する次元の重み値を求め、前記重み値を下位次元に近似して帰還情報を抽出する帰還情報近似部と、

前記帰還情報を前記送信装置に帰還させる帰還部とを具備する請求項 1 に記載の無線通信システム。

【請求項 3】 前記所定目的関数は、前記チャンネル状態を行列  $H$  ( $H$  はエルミート演算子) とし、前記重み値をベクトル  $W$  とすれば、下記式で表され、

$$P_w = W^H H W$$

前記帰還情報近似部は、所定目的関数  $P$  が最大となる  $W_{opt}$  を求め、当該  $W_{opt}$  を所定形態の基底ベクトルを基盤とする下位次元に近似して帰還情報を抽出することを特徴とする請求項 2 に記載の無線通信システム。

【請求項 4】 前記  $W_{opt}$  は、前記目的関数のうち、 $H^H H$  の最大固有数に対応することを特徴とする請求項 3 に記載の固有ベクトルの無線通信システム。

【請求項 5】 前記送信装置は、前記受信装置から受信した無線周波数信号から帰還情報を復元する帰還情報復元部と、

情報信号を変調及び符号化する基底帯域処理部と、前記基底帯域処理部の出力信号に復元された帰還情報を加重する加重部と、

前記加重部の出力信号を無線周波数信号に変換して出力する無線周波数処理部とを具備する請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の無線通信システム。

【請求項 6】 複数の送受信アンテナを具備し、前記送受信アンテナを通じ信号を送受信する無線通信システムにおいて、

所定帰還信号から帰還情報を復元し、復元された帰還情報を情報信号に加重し、加重された情報信号を無線周波

数信号に変換して伝送する送信装置と、

前記無線周波数信号を受信して、前記無線周波数信号が経たチャンネルの状態を推定し、前記送信アンテナの数と同数の基底ベクトルの中で、近似しようとする次元に相当する数の基底ベクトル及びその係数を全て選択し、選択された基底ベクトル及び係数から複数の重み値を求め、前記求められた複数の重み値の中で、前記チャンネル状態から求めた所定目的関数より求めた値が、最大化する重み値を帰還情報として抽出して、当該帰還情報を無線周波数信号に変換した後、前記送信装置に伝送する受信装置を含む無線通信システム。

【請求項 7】 前記受信装置は、前記無線周波数信号から基底帯域信号を抽出し、前記チャンネルの状態を推定する基底帯域処理部と、前記送信アンテナの数と同数の基底ベクトルの中から、近似しようとする次元に相当する数の基底ベクトル及びその係数を全て選択し、選択された基底ベクトル及び係数から複数の重み値を求め、前記求められた複数の重み値の中で、前記チャンネル状態から求めた所定目的関数より求めた値が、最大化する重み値を帰還情報として抽出する帰還情報近似部と、

前記抽出された帰還情報を前記送信装置に帰還させる帰還部とを具備する請求項 6 に記載の無線通信システム。

【請求項 8】 前記所定目的関数  $P_i$  は、前記チャンネル状態を行列  $H$  ( $H$  はエルミート演算子) とし、 $i$  番目に選択された基底ベクトル及び係数から求めた重み値をベクトル  $W_i$  とすれば、下記式で表され、 $P_i = W_i^H H W_i$

前記帰還情報近似部は、前記目的関数を最大化する  $W_i$  を前記帰還情報として抽出することを特徴とする請求項 7 に記載の無線通信システム。

【請求項 9】 送信装置から送信される  $M$  個の無線周波数信号が、多重経路を通じ受信される際に、受信された信号から帰還情報を抽出し、前記帰還情報を前記送信装置に伝送する無線通信方法において、

(a) 前記受信された信号から、前記多重経路であるチャンネルの状態を推定する段階と、

(b) 前記送信装置に帰還させて、前記  $M$  個の無線周波数信号に加重させる重み値を、前記チャンネル状態から求める段階と、

(c) 前記重み値を  $S$  次元 (ここで、 $M > S$  である) に近似し、近似された次元の係数を量子化する段階と、

(d) 近似された次元の基底ベクトル及びその量子化された係数、または、近似された次元の基底ベクトル及びその量子化された係数を表すインデックスを、前記送信装置に帰還させる段階とを含む無線通信方法。

【請求項 10】 前記 (b) 段階は、前記多重経路の数が  $L$  の場合、前記チャンネルの状態を、大きさが  $L \times M$  の行列  $H$  で示し、前記重み値を大きさが  $M$  のベクトル  $W$  で示し、下記式の  $P$  の値が最大とな

る $W_{i,j}$ を帰還情報として抽出することを特徴とする請求項9に記載の無線通信方法。

$P = W^* H^* H W$  (H:エルミート演算子)

【請求項11】 前記(c)段階は、

(c1) 前記M次元を表現できる基底ベクトルを決定する段階と、

(c2) 前記 $W_{i,j}$ と各基底ベクトルを内積して前記基底ベクトルに該当する係数を求める段階と、

(c3) 前記係数の中から大きい順にS個を選択し、選択された係数に該当する基底ベクトルを選択する段階と、

(c4) 選択された係数を量子化する段階とを具備する請求項10に記載の無線通信方法。

【請求項12】 前記(d)段階の帰還情報が基底ベクトル及び量子化係数の場合、

(e) 前記送信装置から受信された帰還信号から基底ベクトルと量子化係数を抽出する段階と、

(f) 抽出された基底ベクトルと量子化係数とから帰還情報を復元する段階と、

(g) 復元された帰還情報を伝送しようとする情報信号に加重する段階と、

(h) 加重された情報信号を伝送する段階とをさらに具備する請求項9に記載の無線通信方法。

【請求項13】 前記(d)段階の帰還情報がインデックスの場合、

(e) 前記送信装置内に前記S次元の基底ベクトルと量子化係数そしてこれらをそれぞれ指すインデックスを保存する段階と、

(f) 受信した帰還信号からインデックスを抽出し、前記(e)段階にて保存された基底ベクトルと量子化係数の中から、抽出されたインデックスに対応する基底ベクトルと量子化係数とを抽出する段階と、

(g) 抽出された基底ベクトルと量子化係数とから帰還情報を復元する段階と、

(h) 復元された帰還情報を伝送しようとする情報信号に加重する段階と、

(i) 加重された情報信号を伝送する段階とをさらに具備する請求項9に記載の無線通信方法。

【請求項14】 送信装置から送信されるM個の無線周波数信号が多重経路を通じ受信される時、受信された信号から帰還情報を抽出し、前記帰還情報を前記送信装置に伝送する無線通信方法において、

(a) 前記受信された信号から、前記多重経路であるチャンネルの状態を推定する段階と、

(b) M次元を表現できる基底ベクトルを決定する段階と、

(c) 決定した基底ベクトルの中からS個(ここで、 $M > S$ である)の基底ベクトルを選択する段階と、

(d) 各基底ベクトルの量子化係数N個の中から1つを選択する段階と、

(e) 選択された基底ベクトル及び選択された量子化係数から帰還情報 $W_i$ を求める段階と、

(f) 前記 $W_i$ 及び推定されたチャンネルの状態Hにもとづいて、所定目的関数から求めた値が最大ならば、前記 $W_i$ または $W_i$ を示すインデックスを、前記送信装置に帰還させる段階とを含む無線通信方法。

【請求項15】 前記所定目的関数 $P_i$ は下記式、

$P_i = W_i^* H^* H W_i$  (H:エルミート演算子)

と表わされる請求項14に記載の無線通信方法。

【請求項16】 前記 $W_i$ 及び推定されたチャンネルの状態Hにもとづいて、前記所定目的関数から求めた値が最大でない場合、前記M個の基底ベクトルの中から選択したS個の基底ベクトルのすべてについて $P_i$ をもとめ、選択された各基底ベクトルに関して他の量子化係数をそれぞれ選択してN通りの場合について前記(e)段階及び前記(f)段階を反復する請求項14に記載の無線通信方法。

【請求項17】 前記(f)段階にて帰還情報が $W_i$ の場合、

(g) 受信された帰還信号から $W_i$ を抽出する段階と、

(h) 抽出された $W_i$ を伝送しようとする情報信号に加重する段階と、

(i) 加重された情報信号を伝送する段階とをさらに具備する請求項14に記載の無線通信方法。

【請求項18】 前記(f)段階にて帰還情報がインデックスの場合、

(g) 前記送信装置から選択可能な $W_i$ 及び $W_i$ を指すインデックスを保存する段階と、

(h) 受信されたインデックスに対応する $W_i$ を抽出する段階と、

(g) 抽出された $W_i$ を伝送しようとする情報信号に加重する段階と、

(i) 加重された情報信号を伝送する段階とをさらに具備する請求項14に記載の無線通信方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は帰還機能を持つ無線通信システム及びその方法に係り、特に多次元の帰還情報を近似して下位次元情報としたものを帰還させる無線通信システム及びその方法に関する。

【0002】

【従来の技術】無線チャンネル環境は有線チャンネルと違い、多重経路干渉、シャドーイング、電波減衰、時変雑音、多重使用者干渉などにより低い信頼度を示す。このような中で、反射体や人の動きに起因して、所望の信号と干渉信号とが互いに混ざって受信され、これにより受信信号が激しい歪曲を経る現象である多重経路によるフェーディング効果は、全体システム性能を大きく劣化させるものである。そのため、この多重経路によるフェ

ーディング効果は、無線環境にて高速データ通信を行う際の最も大きい難題であり、このようなフェーディング効果に対処するため多くの研究が行われてきた。

【0003】その中で、最も効果的な方法がディバーシティ法である。ディバーシティ法とは、それぞれフェーディング現象を受けたいくつかの信号を複数のフィンガを使用して受信し、各フィンガからの出力を結合することでフェーディング現象に対処する方法である。このようなディバーシティ法は、無線チャンネル環境にてかなり優秀な性能をあらわすと知らされており、多様なディバーシティ法が提案されて現在常用化されている。この

ようなディバーシティ法には、大きく分けて、時間ディバーシティ、周波数ディバーシティ、空間ディバーシティがある。

【0004】多重のアンテナを使用した空間ディバーシティの場合、基地局に多重受信アンテナを設置してダウンリンクの性能を向上させるシステムが現在常用化されている。同様に、端末機側においても、多重受信アンテナを利用してアップリンクの性能を向上させることができる。しかし、端末機には、省電力消費、小型化、軽量化、複雑度などの制約があるために、端末機側に複数のアンテナを設置してディバーシティ法を利用するには、技術的に多くの課題があった。

【0005】この問題点を解決するために、基地局側に多重送信アンテナを設置して、アップリンクの性能を向上させる送信ディバーシティ法が提案された。また、このような多重送信アンテナを用いた送信ディバーシティ法は、ディバーシティ獲得による性能向上の他に、端末機に多重受信アンテナを設置する方式よりも経済的にも適した方法とみなされている。

【0006】多重の送信アンテナを利用したディバーシティ法には、大きくアラモウチ (S. M. Alamouti, "A simple transmitter diversity scheme for wireless communication", IEEE J. Select. Areas Commun., vol 16, pp. 1451-1458, Oct. 1998) が提案したチャンネル状態に関する情報なし時空間符号による方式と、チャンネル状態情報を受信機にて帰還されて利用する帰還方式 (3GPP, "Physical layer procedures (FDD)", Tech. Spec., Doc. #: 3G TS 25.214 version 3.0.0, Oct. 1999, <http://www.3gpp.org> にも開示されている) に分けられる。

【0007】帰還方式において、次世代システム用に提案されている方式は、受信機からチャンネル状態に関する情報を求め、この情報から多重送信アンテナらに加重される最適アンテナ重み値を計算し、この値を送信して帰還させる方式である。このような帰還方式は、チャン

ネル状態による最適のアンテナ重み値を多重送信アンテナに適用するために、時空間符号化による方式よりも優秀な性能を示すと知らされており、さらに、送信アンテナ数を増加させればアンテナ数に比例して性能が向上すると知られている。

【0008】ところが、このような帰還方式は、帰還に必要な情報が送信アンテナ数に比例して増加する。そのため、多重の送信アンテナを使用する場合に、帰還に必要なチャンネル容量を増やさなければならないという短所がある。また、送信アンテナ数の増加による帰還情報の増加は、帰還に必要な時間、すなわち、遅延時間の増加をもたらすようになる。このような場合、帰還される間にチャンネル状態が変わるようになれば、深刻な性能低下をもたらすようになる。従って、帰還方式による多重送信アンテナディバーシティ獲得方式の最も大きい問題は帰還情報量と関係する。

【0009】一般的に、帰還情報を伝送するのに使われるチャンネル容量は制限的で、また帰還情報量が増加するようになればそれだけ遅延が発生するようになる。従って、多数の送信アンテナを採択した場合、帰還方式は帰還情報量により制限を受けることになる。よって、帰還情報量を減らすことが必要である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明がなそうとする技術的課題は受信機にて多次元の帰還情報を下位次元に近似して送信機に帰還する無線通信システム及びその方法を提供するところにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】前記技術的課題を解決するために本発明は、複数の送受信アンテナを具備し、前記送受信アンテナを通じ信号を送受信する無線通信システムにおいて、所定帰還信号から帰還情報を復元し、復元された帰還情報を情報信号に加重し、加重された情報信号を無線周波数信号に変換して伝送する送信装置、及び前記無線周波数信号を受信して前記無線周波数信号が経たチャンネルを推定し、推定されたチャンネルから帰還情報を抽出して近似し、近似された帰還情報を無線周波数信号に変換して前記送信装置に伝送する受信装置を含む (請求項1〜5に相当)。

【0012】前記技術的課題をなすための本発明は、複数の送受信アンテナを具備し、前記送受信アンテナを通じ信号を送受信する無線通信システムにおいて、所定帰還信号から帰還情報を復元し、復元された帰還情報を情報信号に加重し、加重された情報信号を無線周波数信号に変換して伝送する送信装置、及び前記無線周波数信号を受信して前記無線周波数信号が経たチャンネルの状態を推定し、前記送信アンテナ数だけの基底ベクトルのうち近似しようとする次元に該当する数だけの基底ベクトル及びその係数を全て選択し、選択された基底ベクトル及び係数から複数の重み値を求め、前記重み値のうち

前記チャンネル状態から求めた所定の目的関数を最大化する重み値を帰還情報として抽出して前記帰還情報を無線周波数信号に変換した後で前記送信装置に伝送する受信装置を含む（請求項 6～8 に相当）。

【0013】前記技術的課題をなすための本発明は、送信装置から送信される M 個の無線周波数信号が多重経路を通じ受信される時、受信された信号から帰還情報を抽出し、前記帰還情報を前記経路を通じて前記送信装置に伝送する無線通信方法において、前記受信された信号から前記多重経路よりなったチャンネルを推定する段階と、前記送信装置に帰還され、前記 M 個の無線周波数信号に加重される帰還情報を推定されたチャンネルから求める段階と、前記帰還情報を M より下位次元に近似し、近似された次元に対する係数を量子化する段階、及び前記近似された次元の基底ベクトルと量子化された係数を前記送信装置に帰還する段階を含む（請求項 9～13 に相当）。

【0014】前記技術的課題をなすための本発明は、送信装置から送信される M 個の無線周波数信号が多重経路を通じ受信される時、受信された信号から帰還情報を抽出し、前記帰還情報を前記経路を通じて前記送信装置に伝送する無線通信方法において、（a）前記受信された信号から前記多重経路よりなったチャンネルを推定する段階と、（b）M 次元を表現できる基底ベクトルを決定する段階と、（c）求めた基底ベクトルのうち S 個を選択する段階と、（d）各基底ベクトルについて N 個の量子化係数のうち一つずつ選択する段階と、（e）選択された基底ベクトル及び選択された量子化係数から帰還情報  $W_i$  を求める段階、及び（f）前記  $W_i$  及び推定されたチャンネル H から生成される所定費用関数が最大ならば、前記  $W_i$  を前記送信装置に伝送する段階を含む（請求項 14～18 に相当）。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を適宜参照しながら、本発明の一実施の形態をより詳細に説明する。図 1 は本発明における帰還機能を持つ無線通信システムのブロック図である。

【0016】図 1 に示すように、本発明の無線通信システムは、送信装置 100 及び受信装置 150 を含む。送信装置 100 は、基底帯域処理部 104、加重部 106、RF（Radio Frequency）処理部 108 及び帰還情報復元部 110 を具備する。また、送信装置 100 は信号送受信のための多重送受信アンテナ 120、180 を具備する。

【0017】受信装置 150 は、RF 及び基底帯域処理部 152、復元部 154、帰還情報近似部 156 及び帰還部 158 を具備する。また、受信装置 150 は信号送受信のための多重送受信アンテナ 140、160 を具備する。

【0018】送信装置 100 の基底帯域処理部 104

は、基底帯域の情報信号の符号化及び変調といった処理を行う。送信装置 100 の加重部 106 は、基底帯域処理部 104 の出力信号に、受信装置 150 から伝送され、帰還情報復元部 110 にて復元させた帰還情報を加重させる。

【0019】送信装置 100 の RF 処理部 108 は、加重部 106 の出力信号を無線帯域信号に変換して多重送信アンテナ 120 を通じ伝送する。送信装置 100 の帰還情報復元部 110 は、多重受信アンテナ 180 を通じ受信した帰還信号から帰還情報を復元し、復元された情報を加重部 106 に出力する。

【0020】受信装置 150 の RF 及び基底帯域処理部 152 は、多重受信アンテナ 140 を通じ受信した信号を処理して基底帯域信号を抽出し、基底帯域信号からチャンネル状態を推定する。受信装置 150 の復元部 154 は、基底帯域信号を復号化して送信された情報信号を復元する。

【0021】受信装置 150 の帰還情報近似部 156 は、推定されたチャンネル状態から多次元の重み値を求め、多次元重み値を下位次元に近似して帰還情報を求める。受信装置 150 の帰還部 158 は、前記帰還情報を基底帯域処理及び RF 処理して多重送信アンテナ 160 を通じ伝送する。

【0022】前記帰還情報近似部 156 にて重み値を近似する方法または帰還情報復元部 110 にて帰還情報を復元する方法を以下に説明する。

【0023】帰還情報は、前記 RF 及び基底帯域処理部 152 において推定されたチャンネル状態から得られる最適の重み値を下位次元に近似することにより得られる。例えば、M 個のアンテナより構成された多重送信アンテナ 120 及びチャンネルを通じ L 個の多重経路が発生すると仮定し、多重受信アンテナ 140 は 1 つのアンテナを具備すると仮定し、送受信装置 100、150 にてこのような L 個の多重経路信号を分離できるとすれば、チャンネル状態 H は次の式のように表現され得る。

【0024】

【数 1】

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} \cdots h_{M1} \\ \cdots h_{m} \cdots \\ h_{1L} \cdots h_{ML} \end{bmatrix}$$

【0025】ここで、 $h_{m1}$  は m 番目の送信アンテナからのチャンネルのうち最初の多重経路信号を示す。このチャンネル状態 H は、受信装置 150 の RF 及び基底帯域処理部 152 で推定される。この時、チャンネル推定方法は従来のいかなるチャンネル推定方法も採択される。

【0026】帰還情報近似部 156 は、前記 RF 及び基

底帯域処理部152で推定されたチャンネル状態から、送信アンテナにかけられる重み値を求める。送信装置100の加重部106は、帰還情報復元部110で復元された帰還情報を情報信号に加重することにより、情報信号を伝送する前に情報信号にあらかじめチャンネル状態を反映させることができるので、多重経路によるフェーディングの影響を減らすことができる。

【0027】最適の送信アンテナ加重値は、次の式のような目的関数Pを最大化させるベクトルWとして与えられる。

【0028】

【数2】

$$P = W^H W^H H H W$$

【0029】ここで、Hはエルミート演算子、Wは送信アンテナの重み値を示すベクトルであり、Wは次式で表される。

【0030】

【数3】

$$W = [W_1, W_2, \dots, W_M]^T$$

【0031】ここで、 $W_m$ はm番目の送信アンテナの重み値を示す。Tは行列の前置を示す。最適の送信アンテナ加重値 $W_{opt}$ は、前記数式(2)のPを最大化するWとして求められる。 $W_{opt}$ は $H^H H$ の最大固有数に対応する固有ベクトルとして与えられる。

【0032】システムが、M個の送信アンテナとM'個の受信アンテナより構成される場合には、上述した方法を応用して、最適の送信アンテナ加重値を得ることができる。従って、任意の受信アンテナ数に対してW

$_{opt}$ は、送信アンテナの数Mに相当する要素を持ち、本 \*

$$W_{opt} = c_1 B_1 + c_2 B_2 + c_3 B_3$$

【0038】ここで、係数がそれぞれ $|c_1| > |c_2| > |c_3|$ の条件を満たすとすれば、 $W_{opt}$ を表す成分の中で、 $B_1$ 成分が最も大きな割合を占めるようになる。

【0039】図2(a)は $W_{opt}$ を各基底ベクトル( $B_1$  202、 $B_2$  204、 $B_3$  206)に投影した時の関係を示した図であり、図2(b)は $W_{opt}$ を1次元情報に近似した場合を図示したものである。この場合、3種類の近似が可能であり、それぞれ $c_1 B_1$  212、 $c_2 B_2$  214、 $c_3 B_3$  216と表現可能である。ところで、係数が $|c_1| > |c_2| > |c_3|$ の条件を満たすとすれば、 $W_{opt}$ の1次元最適近似は $c_1 B_1$  212と表現できる。

【0040】図3(a)は、2次元近似の場合を示した図である。この場合、 $W_{opt}$ は $c_1 B_1 + c_2 B_2$  220、 $c_2 B_2 + c_3 B_3$  222、 $c_1 B_1 + c_3 B_3$  224と表すことができる。また、前記各係数が、 $|c_1| > |c_2| > |c_3|$ の条件を満たすとすれば、 $W_{opt}$ の2次元最適近似は、 $c_1 B_1 + c_2 B_2$  220と表すことができる。図3

\* 発明ではこのようなM次元を持つ最適の送信アンテナ加重分 $W_{opt}$ を下位次元情報に近似して帰還情報を求める。

【0033】最適の送信アンテナ加重値 $W_{opt}$ は、M次元ベクトル(このMは、送信アンテナの数と同じ数である。)であり、ここで、各要素は一般に複素数である。従って、 $W_{opt}$ は、M次元空間の1点とみなされ、その点は、M次元を表現できる基底ベクトルと、各基底ベクトルに該当する複素数係数とにより表すことができる。

10 【0034】例えば、 $W_{opt} = [a, b, c]^T$ と、基底ベクトルをそれぞれ $B_1 = [100]^T$ 、 $B_2 = [010]^T$ 、 $B_3 = [001]^T$ として、3次元の $W_{opt}$ を基底ベクトルとその係数として表現すると、 $W_{opt}$ は次の式のように表現できる。

【0035】

【数4】

$$W_{opt} = a B_1 + b B_2 + c B_3$$

【0036】図2乃至図3は、投影により $W_{opt}$ を下位次元へ近似する例を図示したものである。近似化される以前の重み値を $W_{opt} 200$ とすれば、 $W_{opt} 200$ を3次元情報に表現するためには最小限3つの基底ベクトルが必要である。この基底ベクトルを $B_1 202$ 、 $B_2 204$ 、 $B_3 206$ とし、それぞれ1の大きさを持ち、互いに直交すると仮定すると、この仮定の下、 $W_{opt} 200$ の係数 $c_1$ 、 $c_2$ 、 $c_3$ は、 $W_{opt}$ と各基底ベクトルとの内積により求めることができる。このようにして、 $W_{opt}$ は次の式のように求めることができる。

【0037】

【数5】

(b)は、3次元近似230を示し、この場合は $c_1 B_1 + c_2 B_2 + c_3 B_3$ の1種類だけ存在し、この時の近似値は最適値と同一である。

【0041】加重分近似に必要な基底ベクトル集合は、 $W_{opt}$ の次元を表現すればよい。従って、加重分近似には多様な基底ベクトルの集合を利用できる。ここで基底ベクトルは直交せずとも差し支えなく、直交する場合には情報の重複を避けることができる長所がある。

【0042】図4(a)乃至(f)は、重み値を近似するのに必要な基底ベクトル集合の例を示した図である。図4(a)、(c)、(e)はそれぞれ2次元、3次元、4次元の直交基底ベクトルを示したものであり、各基底ベクトルの成分は各アンテナを使用するものと使用しないものとを示す。例えば、2次元基底ベクトル $[10]$ が選択されたとすれば、これは2つあるアンテナのうち一番目のアンテナを使用して信号を伝送することを示す。一方、 $[01]$ が選択されたとすれば、2番

目のアンテナを使用して信号を送信することを示す。

【0043】図4(b)、(d)、(f)は、各アンテナ間のパワー差を最小に保ちながら、各ベクトル同士の直交性を維持させた基底ベクトルを、それぞれ2次元、3次元、4次元の直交基底ベクトルで示したものである。

【0044】重み値を近似するには、基底ベクトル以外に各基底ベクトルごとの係数が必要である。本発明では、この係数は実数または複素数として表現され、帰還のための量子化に用いられるものである。

【0045】図5は、複素数係数についての量子化例を示す。図5(a)は、係数の実数成分の符号により2水準で量子化した場合であり、係数の実数成分が正数である場合は係数を代表値 $e^{j0}$ と量子化し、負数の場合は代表値 $e^{j\pi}$ と量子化する。図5(b)の場合は2水準量子化の他の例であり、係数の虚数成分の符号により量子化した場合を示す。

【0046】図6及び図7は、前述の過程に従って、重み値を近似するアルゴリズムについてのフローチャートである。図6は投影による方法を示した図であり、図7は検索による方法を示した図である。

【0047】以下、送信アンテナ数がMであり、S次元への近似を行うと仮定し、係数の量子化水準はNであると仮定して説明する。

【0048】図6によれば、投影により重み値を近似する方法は、まず最適の送信アンテナ加重分 $W_{opt}$ を求める(502段階)。求めた $W_{opt}$ を各基底ベクトルに投影する。すなわち $W_{opt}$ と各基底ベクトルとの内積により係数を求める(504段階)。係数を大きさ順にS個選択した後で、選択された係数に該当する基底ベクトルを選択する(506段階)。選択された係数を量子化する(508段階)。選択された基底ベクトルと量子化された係数を利用して重み値を近似する(510段階)。

【0049】図7によれば、検索により重み値を近似する方法は、まずM個の基底ベクトルのうちS個の基底ベクトルを選択する(520段階)。選択されたS個の基底ベクトルそれぞれについてN個の量子化された係数の\*

| 選択基底ベクトル                | インデックス | デジタル表現 |
|-------------------------|--------|--------|
| $[1000]^T$ , $[0100]^T$ | 1      | 000    |
| $[1000]^T$ , $[0010]^T$ | 2      | 010    |
| $[1000]^T$ , $[0001]^T$ | 3      | 110    |
| $[0100]^T$ , $[0010]^T$ | 4      | 111    |
| $[0100]^T$ , $[0001]^T$ | 5      | 011    |
| $[0010]^T$ , $[0001]^T$ | 6      | 001    |

【0056】また、前述のように同じ環境で2次元への近似を仮定するならば、この時基底ベクトルを選択できる場合の数は総6種類になり、この情報を示すためには3ビットのデータが必要である。次の表はこの場合についての例を示す。

【0057】

【表3】

\*中から1つを選択する(522段階)。選択された基底ベクトル及び選択された係数から加重分 $W_i$ を求め、前記数式(1)のHを利用して、前記数式(2)の $P_i = W_i^H H W_i$ を計算する(524段階)。ここで、HはRF及び基底帯域処理部152で推定されたチャンネル状態を表す。 $P_i$ が最大であるかを判別し、 $P_i$ が最大ならばこの時の $W_i$ を選択する(534段階)。

【0050】 $P_i$ が最大でなければ、他の基底ベクトルを選択し(528段階)、他の量子化係数を選択して(530段階)し、ついで $W_i$ を求める(532段階)。求めた $W_i$ について前述の段階を反復してN<sup>5</sup>通りの場合について前記530段階を反復し、M個の基底ベクトルのS個の基底ベクトルのすべての場合について528段階を反復する。

【0051】このような重み値を近似する方法により、受信装置150の帰還情報近似部156から出力される値は量子化係数を指すインデックスになりうる。

【0052】次表は量子化水準が2の場合を仮定した時のインデックス表現過程とインデックスをデジタルで表現した場合を例に示す。

【0053】

【表1】

| 量子化係数         | インデックス | デジタル表現 |
|---------------|--------|--------|
| $e^{j0}$      | 1      | 00     |
| $e^{j\pi/2}$  | 2      | 01     |
| $e^{j\pi}$    | 3      | 11     |
| $e^{j3\pi/2}$ | 4      | 10     |

【0054】同じく、基底ベクトルに関する情報も選択された基底ベクトルのインデックスで表現できる。次表2は、選択された基底ベクトルをインデックスで表現した過程を示す。送信装置100の送信アンテナ120の数が4の場合を仮定し、1次元に近似する場合を仮定した場合である。基底ベクトルはそれぞれ $[1000]^T$ 、 $[0100]^T$ 、 $[0010]^T$ 、 $[0001]^T$ を採択した。

【0055】

【表2】

| 選択基底ベクトル   | インデックス | デジタル表現 |
|------------|--------|--------|
| $[1000]^T$ | 1      | 00     |
| $[0100]^T$ | 2      | 01     |
| $[0010]^T$ | 3      | 11     |
| $[0001]^T$ | 4      | 10     |

【0058】このように、下位次元に近似された加重値は下位次元をなす基底ベクトルとそれに対応する係数よ

りなるので、基底ベクトルとそれに対応する係数、そして、これらを指すインデックスがテーブル形式で送信装置 100 に保存されているならば、前記インデックスを送信装置 100 に伝送できる。送信装置 100 の帰還情報復元部 110 は、保存されたテーブルからインデックスに対応する基底ベクトルと量子化係数を抽出できる。

【0059】本発明のように、重み値を近似して帰還情報を求める場合、帰還情報量を減少させられる。例えば、各次元の複素数係数を示すのに 4 ビットが必要であると仮定すれば、4 次元の近似しない重み値を帰還情報に伝送する場合、帰還させる必要のない係数も近似させると、総計 12 ビットの帰還情報が必要になる。ここで、ある次元の係数は帰還させる必要のないものである。その理由は、送信アンテナの全体送信電力は固定されていて、ある次元に関する係数の大きさ情報は送られなくともよく、各アンテナの位相情報はあるアンテナに対する相対的な位相情報により表現できるためである。

【0060】近似による帰還方法によるビット数は、近似に使われる基底ベクトルの種類を示すのに必要なビット数と係数を示すのに必要なビット数で割ることができる。第一に、1 次元近似を使用する場合、4 つの基底ベクトルのうちから 1 つの選択する場合の数を示すのに必要なビット数は 2 ビットが必要であり、この場合、係数は 1 に固定されたと考えられるために係数を示す帰還情報が必要でなくなる。従って、総 2 ビットの情報が必要になる。

【0061】第二に、2 次元近似を使用した場合、基底ベクトル選択の場合の数は 6 種類であり、6 種類を区分するビット数は 3 ビットである。量子化係数の場合、ある次元の係数は必要でないので、残りのある次元の係数を表現するのに 4 ビットが必要となるようになるので、総 7 ビットの情報が必要である。

【0062】第三に、3 次元近似を使用する場合、基底ベクトル選択の場合の数は 4 種類である。よって、これを示すのに 2 ビットの情報が必要であり、量子化係数は 8 ビットの情報が必要なので、総計 10 ビットの情報が必要である。

【0063】第四に、4 次元に近似する場合には総 12 ビットが必要になる。従って、近似化方法を適用する場合、近似化次元が低くなるほど帰還に必要な情報は減少することが分かり、あらゆる場合に近似化しない場合より小さいか同じ数の帰還情報量を持つということが分かる。

【0064】次表 4 は、近似化方法と近似化しない方法

とを比較して示したものである。

【0065】

【表 4】

| 近似次元 | 近似方法   | 近似化しない場合 |
|------|--------|----------|
| 1    | 2 ビット  | 12 ビット   |
| 2    | 7 ビット  |          |
| 3    | 10 ビット |          |
| 4    | 12 ビット |          |

【0066】この表によれば、より下位次元への近似は近似化しない場合よりもより多くの情報量を減少させられる。

【0067】

【発明の効果】本発明によれば、帰還を利用する多重送受信アンテナを持つ通信システムにて帰還情報量を減らすことにより帰還に必要なチャネルをより効率的に使用でき、帰還に必要な遅延時間を減らせられる。また帰還情報量を最適の形に減らすことにより近似化による性能低下を最小化できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明による帰還機能を持つ無線通信システムについてのブロック図である。

【図 2】 (a)、(b) はともに、投影による下位次元への近似の例を図示したものである。

【図 3】 (a)、(b) はともに、投影による下位次元への近似の例を図示したものである。

【図 4】 (a) 乃至 (f) は、帰還情報を近似化するのに必要な基底ベクトル集合の例を示した図である。

【図 5】 複素数係数についての量子化例を示す。

【図 6】 投影による帰還情報の近似方法を図示したものである。

【図 7】 検索による帰還情報の近似方法を図示したものである。

【符号の説明】

100・・・送信装置

104・・・基底帯域処理部

106・・・加重部

108・・・RF 処理部

110・・・情報復元部

120、140、160、180・・・送受信アンテナ

150・・・受信装置

152・・・RF 及び基底帯域処理部

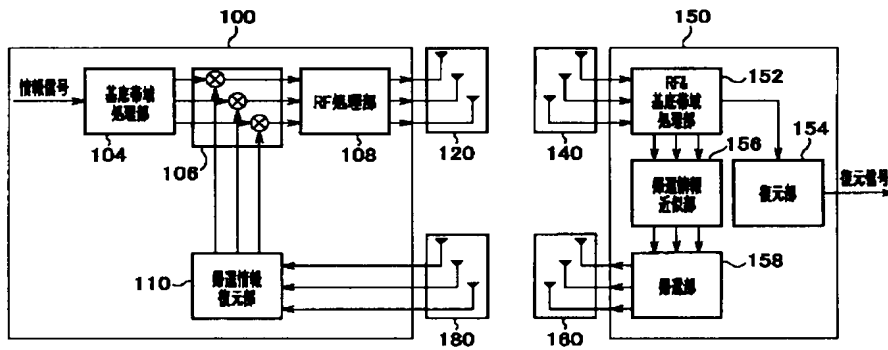
154・・・復元部

156・・・帰還情報近似部

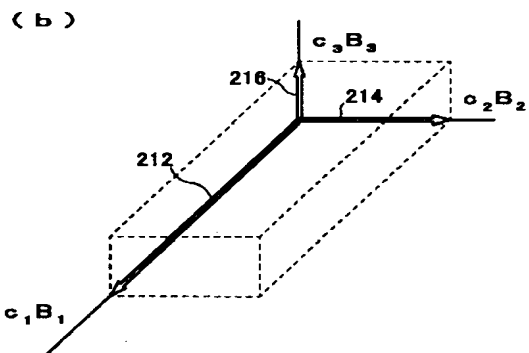
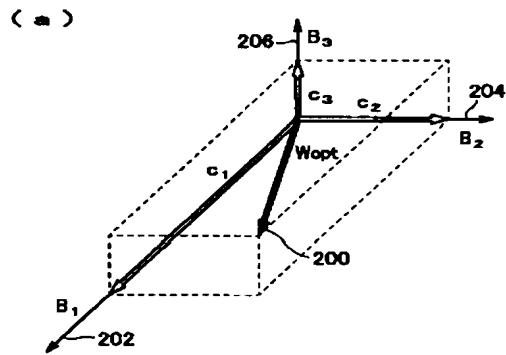
158・・・帰還部



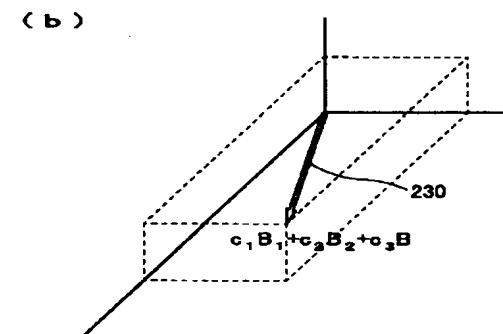
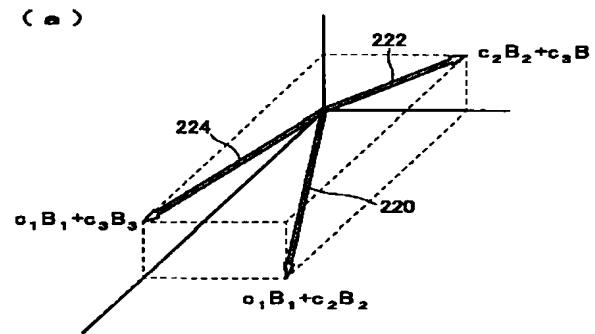
【図1】



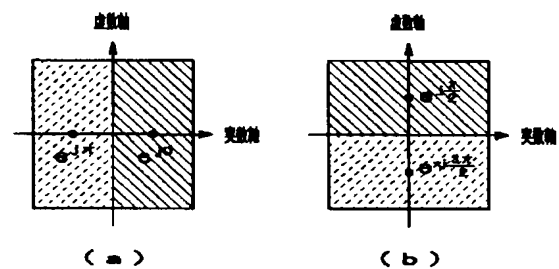
【図2】



【図3】



【図5】



【図4】

(a)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(b)

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

(c)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(d)

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

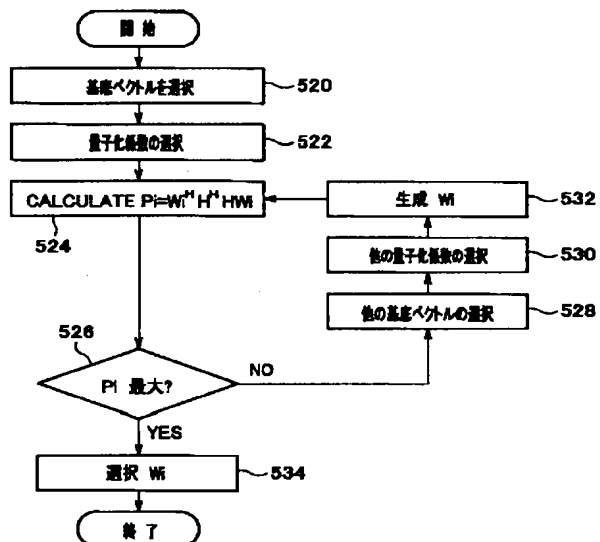
(e)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(f)

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

【図7】



【図6】

